

L'aluminium et ses alliages

Fabrication - Emploi

par K. GULER

Il est notoire que la Suisse est un pays manquant à peu près totalement de matières premières. Notre territoire ne possède pas de minerais, de mines de charbon ni de pétrole qui permettraient une exploitation industrielle permanente. Notre industrie est spécialisée dans la fabrication de produits finis de grande valeur. L'extraction et la première transformation des matières premières se font en général à l'étranger.

Quand on considère cette situation, on trouvera étonnant d'avoir pu tout de même développer en Suisse une importante industrie de matières premières ; ceci dans le domaine de l'aluminium. Il est intéressant d'étudier la question pour savoir comment ce développement inattendu a été réalisé. Nous verrons que deux facteurs déterminants ont contribué dans une large part au développement de l'économie suisse : l'existence d'importantes forces hydrauliques et la perspicacité de personnalités industrielles qui ont eu l'énergie et la témérité d'entreprendre cette exploitation en assumant tous les risques que comportait une telle initiative.

Occupons-nous tout d'abord de savoir ce qu'est l'aluminium et comment s'est développé son exploitation¹.

L'aluminium et le développement de son exploitation

L'aluminium est un métal brillant, blanc-argent, caractérisé par sa faible densité (env. $\frac{1}{3}$ du fer), ses hautes conductibilités électrique et thermique et sa résistance aux agents chimiques.

L'aluminium est le métal le plus répandu dans la croûte terrestre, dont il constitue environ 7,3 %. Cependant il ne s'y trouve pas à l'état

¹ En ce qui concerne la partie historique et la description du procédé de fabrication nous nous sommes basés sur un exposé que M. Max Preiswerk a publié en 1936 dans le Bulletin No 25 de l'Association Suisse des Electriciens. Pour une plus ample documentation, nous recommandons cet article illustré.

métallique, mais sous forme de combinaisons, le plus souvent avec l'oxygène et le silicium. Le total de ces combinaisons est environ 15 % de la croûte terrestre. L'extraction de ces combinaisons présente des difficultés bien plus considérables que celles que connaît l'extraction des métaux lourds usuels de leurs minerais. Tandis qu'il suffit par exemple de chauffer les minerais de fer ou de cuivre en présence du charbon, la fabrication de l'aluminium doit recourir aux procédés de réduction les plus actifs, en premier lieu à l'énergie électrique.

Il y a un peu plus de cent ans, en 1825-27, le chimiste danois Oerstedt et le savant allemand Wöhler réussirent à isoler de l'aluminium sous sa forme métallique. Pour la première fois les hommes virent quelques gouttes de ce métal plus petites que des têtes d'épingles, dont l'existence était connue depuis longtemps, mais qui avait résisté jusqu'alors à tous les efforts d'extraction.

Personne ne se doutait alors de l'importance que devait prendre plus tard le nouveau métal. Tout d'abord ce ne fut qu'un nouvel élément pour les laboratoires chimiques, dont l'analyse fut utile pour étendre nos connaissances scientifiques. Son prix était celui des métaux précieux ; même après les améliorations apportées aux méthodes de fabrication il coûtait Fr. 3000.— le kg.

Le Français Sainte Claire Deville fut le premier à reconnaître l'importance industrielle de l'aluminium et s'efforça de découvrir un procédé de fabrication industrielle d'après le système Wöhler. Mais ce ne fut qu'après la découverte de la dynamo que le procédé d'extraction de l'aluminium par électrolyse fut pratiquement mis au point vers 1880, simultanément et indépendamment, par le Français Paul Héroult en Europe et par le chimiste Hall en Amérique. La réalisation pratique de la production d'aluminium par électrolyse permit de fabriquer ce métal en plus grandes quantités et à meilleur prix. Le prix de l'aluminium était, au temps de Napoléon III, d'abord de Fr. 6000.— ; il s'élevait encore à Fr. 2875.— le kg. en 1854 (le prix d'un kg. d'or était alors de Fr. 3440.—) ; il tomba à Fr. 600.— déjà l'année suivante et à Fr. 200.— en 1880 et fléchit jusqu'au-dessous de Fr. 5.— vers la fin du siècle.

Le prix se stabilisa bientôt à environ Fr. 2.— le kg. et s'est maintenu avec peu de fluctuations pendant les années de guerre et les périodes de conjoncture, contrairement à ce qui s'est produit pour les autres métaux. Cette stabilité a contribué largement au développement rapide de l'aluminium.

La production mondiale d'aluminium, qui était de 7000 t. en 1900 approchait de 50,000 t. en 1910 déjà et atteignait en 1917, pendant la première guerre mondiale, le point culminant de 170,000 t. Le tiers fut fabriqué en Europe. Après une certaine baisse dans les années d'après-guerre, la production montait de nouveau à près de 300,000 t. en 1930, pour retomber ensuite à environ la moitié pendant la crise économique mondiale de 1933.

Les années de réarmement qui ont précédé la guerre et la deuxième guerre mondiale apportèrent une progression considérable de la production qui s'éleva à plus de 2 millions de tonnes pendant les années de 1943 et 1944. Durant la guerre des usines gigantesques ont été construites principalement aux Etats-Unis et au Canada. L'une d'entre elles seule pouvait produire 450,000 t. par an.

La production mondiale d'aluminium doit actuellement dépasser 1 million de tonnes.

Considérons maintenant en abrégé le procédé permettant d'obtenir l'aluminium industriellement.

Le procédé de fabrication de l'aluminium

La terre contient une quantité considérable d'aluminium, mais malheureusement on ne peut en utiliser qu'une partie minime pour l'exploitation industrielle. Le seul minerai utilisé actuellement à ces fins est la bauxite, qui tire son nom des Baux (Midi de la France), où furent découverts les premiers gisements. La bauxite est un produit de désagrégation des roches primitives sous l'action de conditions climatiques déterminées. Elle contient 50-65 % d'oxyde d'aluminium (alumine), le reste étant formé de sesquioxyde de fer, de silice, d'oxyde de titane et d'oxyde de vanadium. Analyse de la bauxite :

ca. 60 % $\text{Al}_2 \text{O}_3$, 22 % $\text{Fe}_2 \text{O}_3$, 3 % SiO_2 , 2 % TiO_2 , 12 % H_2O

La France est particulièrement riche en bauxites de bonne qualité. On trouve également des gisements importants en Istrie et en Dalmatie, en Italie, en Roumanie, en Hongrie, en Amérique du Nord, en Guyane et dans d'autres pays. L'exploitation de la bauxite a lieu à ciel ouvert ou sous terre. On l'expédie après triage aux usines d'alumine, soit par terre, soit par eau. Les questions de transport jouent un rôle important dans le prix de revient et dans le choix de l'emplacement des usines d'alumine.

La fabrication de l'aluminium à partir de la bauxite se fait en deux étapes distinctes : la première opération consiste à transformer

la bauxite rouge en alumine, oxyde d'aluminium chimiquement pur, poudre blanche comme neige. La seconde comprend la réduction par électrolyse de l'alumine en aluminium.

La fabrication actuelle de l'alumine s'opère généralement par le procédé Bayer. Cela nous mènerait trop loin d'exposer ici, en détail, ce processus purement chimique. Disons seulement que dans une première étape l'alumine contenue dans la bauxite est transformée en aluminat de soude au moyen de carbonate de soude ou de soude caustique. Cet aluminat soluble dans l'eau est séparé par filtration des résidus insolubles (oxydes de fer, de silice, de titane et de vanadium). De cette solution claire d'aluminat on précipite soit par l'acide carbonique, soit par hydrolyse, l'hydrate d'alumine $\text{Al}(\text{OH})_3$ que l'on sépare par filtration et que l'on calcine ensuite à $1300-1400^\circ$ pour obtenir l'oxyde d'aluminium ou alumine sous forme d'une belle poudre blanche, d'une pureté variant de 99,6 à 99,7 %. Il est important que l'alumine utilisée pour la préparation de l'aluminium soit aussi exempte que possible d'impuretés, car la qualité du métal obtenu dépend de celle de l'alumine.

La fabrication d'une tonne d'alumine nécessite deux tonnes de bauxite et environ 25 millions de grandes calories, ce qui est l'équivalent de 4-6 tonnes de charbon industriel. C'est pourquoi la fabrication de l'alumine s'installe généralement à proximité des gisements de bauxite ou de charbon ou à des endroits où existent de bonnes communications. Le prix de revient du charbon et les frais de transport sont d'une importance décisive pour la fabrication économique de l'alumine.

Passons maintenant à la deuxième étape de la fabrication de l'aluminium : l'extraction de l'aluminium proprement dite. L'alumine, dont nous venons d'étudier la préparation sert de matière première pour ce second procédé.

L'extraction de l'aluminium de son oxyde, de l'alumine, se fait par le moyen de l'électrolyse dans des cellules électrolytiques, appelées « cuves ». De formes rondes ou carrées ces cuves mesurent environ un mètre de hauteur. Le type le plus connu se compose d'un manteau en tôle de fer, revêtu intérieurement d'une maçonnerie réfractaire, et d'un pisé en charbon, damé sur une plaque de fonte. Cette plaque est reliée à l'extérieur à plusieurs gros câbles, qui assurent la conductibilité électrique entre la garniture de la cuve, servant de cathode, et le pôle négatif de la source de courant. L'anode est constituée par un certain nombre d'électrodes en charbon, réglables et remplaçables.

fixées au-dessus de la cuve, et plongeant dans l'électrolyte. Ce dernier est constitué par un bain de cryolithe fondue, dans lequel est dissoute au fur et à mesure l'alumine à transformer. La chaleur dégagée par le passage du courant électrique maintient le bain à l'état liquide, à une température voisine de 1000° C. Les cuves se trouvent sous une tension d'environ 6 volts et, selon leur grandeur, absorbent une intensité allant de 8000 à 40,000 ampères. Par le passage du courant électrique à travers le bain, l'alumine dissoute est dissociée en aluminium et oxygène. L'aluminium se porte sur l'électrode négative, appelée cathode, et se rassemble sur le fond de la cuve, au-dessous du bain, tandis que l'oxygène libéré va à l'électrode positive, l'anode, où il consomme l'électrode de charbon en acide carbonique.

Pour préparer 1 tonne d'aluminium métallique il faut 2 tonnes d'alumine, env. 800 kg. de coke et de goudron pour la préparation des électrodes, env. 80 kg. de cryolythe et d'autres matériaux, env. 20,000 kwh. de courant électrique.

Il ressort de cette énumération que la préparation de l'aluminium nécessite beaucoup de courant électrique ; en effet, rapporté à l'unité de poids, aucun autre produit électro-chimique ne consomme, de loin, autant d'énergie que l'aluminium.

La condition primordiale pour la fabrication de l'aluminium est donc de disposer d'énergie électrique en quantité suffisante et à des conditions avantageuses. C'est comme nous l'avons déjà dit l'une des causes du développement de l'industrie de l'aluminium en Suisse.

Le développement de l'industrie suisse de l'aluminium

Vers 1880, les Fils J.-G. Neher, qui exploitaient depuis 1810 des forges installées au pied de la Chute du Rhin, se voyaient contraints par la concurrence étrangère de trouver à leurs forces hydrauliques une autre utilisation rationnelle. Leur attention fut retenue par l'invention de Héroult et ils conclurent en 1887 une convention pour l'exploitation industrielle de son brevet. La même année, cette convention donna naissance à la Société Métallurgique Suisse, transformée plus tard en Société Anonyme pour l'industrie de l'Aluminium. Ainsi Neuhausen devint le berceau de l'industrie européenne de l'aluminium.

La nouvelle industrie vit se dresser d'importants et difficiles problèmes dont la solution exigeait toute l'activité d'hommes de grande valeur. Je mentionne brièvement le président et le vice-président de

la Société de l'Aluminium nouvellement fondée, M. le colonel P.-E. Huber-Werdmüller et M. Gustave Naville, ainsi que M. le directeur Martin Schindler qui présidèrent aux destinées de la Société jusqu'en 1920. En même temps il y eut lieu d'améliorer les méthodes de production de l'aluminium, de développer les moyens de production et de l'autre côté de trouver des possibilités d'écoulement du nouveau métal. Il y eut là de grandes difficultés à surmonter à l'origine. Comme pour tout ce qui est nouveau, le public considérait l'aluminium avec méfiance. Alors on ne savait pas encore à quelle fin le métal serait employé. Devait-il servir comme l'or et l'argent à faire des bijoux ou des ornements ? Devait-il supplanter le cuivre, l'étain et le plomb dans leurs usages ? Devait-il pouvoir remplacer le fer en partie ? Toutes ces questions dont la solution nous semble naturelle aujourd'hui, se posaient alors et la réponse devait tout d'abord être trouvée. Quelques fautes dans l'emploi du nouveau métal arrivèrent au début, ce qui contribua à la difficulté de l'introduire. Presque tous les fabricants avaient craints de le travailler ; ils s'effrayaient devant les dépenses qu'occasionnerait cet apprentissage et voulaient bien volontiers laisser aux autres l'honneur d'avoir été les premiers.

Mais l'avenir appartenait à l'aluminium et il finit par s'imposer. D'autres fabriques en Amérique, en France et en Angleterre commencèrent également sa fabrication. Il fut utilisé en tout premier lieu pour des gourdes et des gamelles militaires, et de là fit son entrée dans le domaine ménager.

Les fabriques d'aluminium à Neuhausen, dont la capacité s'élevait à 75 t. en 1893, ne pouvaient faire face aux possibilités de vente et la Maison se décida à construire de nouvelles usines dans des centres appropriés.

En raison des difficultés de vente et des droits de douane, les deux usines suivantes furent construites à l'étranger ; l'une à Rheinfelden (Baden) directement de l'autre côté de la frontière et l'autre à Lend, en Autriche. Ces deux usines furent la réalisation d'un travail de pionniers dans le domaine de l'édification de centrales électriques.

L'usine de Rheinfelden, qui commença son exploitation en 1898, produisait en 1905 env. 1000 t. par an, tandis que l'usine de Lend, fondée en 1899, avait une production de 700 t. Mais déjà alors on étudiait activement les possibilités d'extension en Suisse, et, à la fin du siècle, les plans furent arrêtés pour la construction d'une grande usine d'aluminium à Chippis, en Valais.

Le Valais et Chippis ont été choisis, en premier lieu, parce qu'ils offraient les possibilités désirables pour l'utilisation de forces motrices sur une grande échelle. La rive gauche du Rhône, à Chippis, fut l'endroit choisi pour construire une usine électrique, afin d'utiliser les eaux de la Navisence, descendant du Val d'Anniviers. Comme le Rhône forme une dénivellation importante, au-dessus de Chippis, sur un trajet relativement restreint, on construisit une centrale électrique dans l'enceinte de l'usine, qui utilise avantageusement l'eau du Rhône. La nouvelle usine d'aluminium devait être alimentée directement par le courant fourni par les deux centrales précitées. Comme nouvelles étapes on utilisa également les eaux venant des vallées latérales, et l'énergie obtenue fut conduite à Chippis par des lignes à haute tension.

L'exécution de ce projet fut définitivement décidée en 1905. Déjà en 1908, la première halle de fours d'aluminium put être alimentée par le courant continu fourni par les turbines de la centrale électrique Navisence. Depuis lors s'effectua un agrandissement progressif des centrales et des halles de production. En 1912 fut terminée la centrale électrique du Rhône, en 1915 celle de Bramois, en 1926 celles de Tourtemagne et d'Oberems et en 1943 celle de Mörel.

Aujourd'hui l'AIAG dispose de 7 centrales électriques propres qui produisent en moyenne 800 millions de kwh. par an. Pour avoir une idée plus exacte de l'importance que ce chiffre représente, on fait une comparaison avec d'autres chiffres dont nous pouvons aisément imaginer l'ampleur.

Chiffres comparatifs concernant l'utilisation de l'énergie électrique :

Production annuelle moyenne des 7 centrales électriques de l'Aluminium = 805 millions de kwh.

Production annuelle moyenne de toutes les usines électriques valaisannes = 2186 millions de kwh.

Les centrales de Chippis produisent ainsi le 36,8 % de la production totale annuelle d'électricité en Valais.

Production annuelle moyenne de toutes les usines électriques suisses (y compris la part de celles qui sont placées dans les zones frontalières) = 10,904 millions de kwh.

Les usines valaisannes ensemble	de la production totale de toute les centrales suisses.
font le 20 %	
Celles de l'AIAG le 7,4 %	

Total du courant employé par les chemins de fer fédéraux en 1947 = 900 millions de kwh.

En 1930, une nouvelle branche de fabrication fut annexée à la fabrique d'aluminium existant à Chippis. Ce fut l'ouverture des laminaires et des presses, placées sur la rive droite du Rhône, environ 1 km. plus bas que l'usine principale.

Les alliages de l'aluminium

Au début du siècle on avait déjà entrepris des essais d'alliages d'aluminium, car on voulait obtenir un métal convenant parfaitement à la fabrication de cartouches. Ce n'est qu'en 1910 que le savant allemand Alfred Wilm réussit à fabriquer un alliage d'aluminium de grande valeur, dont la composition ressemblait à peu près à notre Avional actuel.

L'industrie des cycles et les entreprises des transports aériens montrèrent un grand intérêt pour cette matière dont la résistance était celle de l'acier ordinaire, mais dont le poids était le tiers de celui de l'acier. Depuis, on a constamment développé et trouvé de nouveaux alliages ayant des propriétés différentes, avec ou sans traitement thermique. Leur emploi apporta un développement insoupçonné de la fabrication de l'aluminium.

Jetons encore un coup d'œil sur les avantages que l'industrie de l'aluminium offre actuellement et sur les grandes possibilités ouvertes au constructeur moderne par l'emploi de ce métal dans tous les domaines de la technique.

Quelles sont d'abord les caractéristiques principales de l'aluminium et de ses alliages ?

1. Faible poids spécifique :

Le poids spécifique de 2,7 est environ le tiers de celui du fer ou du cuivre.

2. Résistance chimique élevée :

L'aluminium et ses alliages exposés à l'air se recouvrent rapidement d'une mince couche d'oxyde. Celle-ci est très compacte, dure et adhérente et constitue grâce à sa bonne résistance chimique la cause principale de la résistance de l'aluminium à la corrosion. L'affinité de l'aluminium pour l'oxygène est telle que cette couche d'oxyde se reforme immédiatement si la surface du métal est entamée. Cette couche est en outre isolante au point de vue électrique, et a un point de fusion au-dessus de 2000°.

3. *Bonne conductivité électrique :*

Celle-ci est environ de 60 % de celle du cuivre.

4. *Résistance mécanique élevée :*

Depuis qu'on a développé des alliages d'aluminium à haute valeur, une des propriétés essentielles de ceux-ci est leur résistance mécanique élevée. Certains alliages présentent une limite d'élasticité de 30 à 50 kg./mm², une limite de rupture de 40 à 60 kg./mm² et un allongement spécifique de plus de 12 %.

5. *Groupeement des alliages.* (Voir tablelle des alliages).

La technique des alliages qui permet d'obtenir des matériaux appropriés aux différents usages, date à peine de 35 ans. Les débuts des alliages de fonderie et des alliages pour mi-fabriqués se placent, en fait, immédiatement après la guerre de 1914-18.

La distinction principale entre les alliages d'aluminium se fait, selon qu'ils doivent être traités thermiquement ou non.

Alliages sans traitement thermique :

Remarque : la résistance mécanique augmente avec la teneur en magnésium. Il en est de même malheureusement avec les difficultés d'usinage.

Ce sont des alliages pour mi-fabriqués ; produits de base pour la fabrication des tôles, des barres, des profilés et des tubes.

Alliages à traitement thermique :

Ce traitement thermique consiste en principe en un recuit à haute température suivi immédiatement d'une trempe dans l'eau et ensuite d'un revenu nommé aussi vieillissement. Celui-ci se produit pour certains métaux à la température ordinaire (on parle alors de vieillissement naturel) et pour d'autres à des températures plus élevés (on parle alors de vieillissement artificiel).

L'importance économique et sociale de l'industrie de l'aluminium pour le Valais

La facilité de trouver une main-d'œuvre abondante fut une autre raison pour laquelle l'établissement de nouvelles usines d'aluminium se fit à Chippis.

Au XIX^e siècle déjà il y eut des hommes soucieux de diminuer la pauvreté régnant dans certaines régions du Valais qui ne vivaient

qu'exclusivement d'agriculture, et qui cherchèrent tous les moyens de remédier à cet état de choses. Au début on pensa à développer l'industrie hôtelière. Mais ceci ne se fit que plus tard. De toute façon cela ne pouvait améliorer sensiblement la situation sociale de l'ensemble du canton.

La vie industrielle s'était introduite dans une très faible proportion au XIXe siècle. Ce n'est qu'au début du XXe siècle, lorsqu'on put utiliser les forces motrices que l'industrie fit son entrée décisive en Valais.

Le travail que pouvait procurer l'usine d'aluminium était avant tout un travail de manœuvre. Le personnel qualifié était relativement très restreint, et pouvait facilement être recruté dans d'autres cantons. Il s'agissait d'un travail simple, ne nécessitant pas de très gros efforts physiques, qui pouvait être appris rapidement et sans difficulté par les ouvriers indigènes. Le travail en équipes permettait à ces gens de continuer leur activité agricole, en dehors de leur travail. Sans entraver l'économie agricole du Valais, la nouvelle industrie fut une source de revenus qui contribua nettement au développement du canton.

Les usines d'aluminium offrirent bientôt du travail à un grand nombre d'ouvriers. En 1920 l'effectif, qui avait atteint 2000 hommes pendant la première guerre mondiale, était de 1000 hommes. Jusqu'en 1930 ce chiffre monta à 1500 pour redescendre à 1000 pendant les années de crise. La période de réarmement apporta une rapide augmentation de l'effectif à 2400, pendant les deux dernières années du réarmement, pour atteindre 3000 en 1939. Le chiffre culminant de 3500 fut atteint pendant la guerre, étant donné qu'un certain pourcentage d'ouvriers étaient constamment sous les drapeaux. Aujourd'hui l'effectif est de nouveau retombé à 1700 ouvriers.

Il est aussi intéressant de connaître la provenance de cet effectif. Actuellement le 37 % habite Chippis, Sierre et les environs ; 37 % habitent dans la région de Sierre à Sion et environs et le reste, soit 26 % dans la région de Sierre à Brigue et environs.

90 % du personnel actuel est originaire du Valais, 8 % sont citoyens suisses, 1 % étrangers domiciliés en Valais et 1 % ouvriers saisonniers venant de l'étranger.

Ce que cette importante industrie représente pour le canton au point de vue économique, ressort du fait que plus d'un million de francs par mois est versé à nos ouvriers et employés en salaires et allocations de tous genres. Cet argent procure aux ouvriers leur pain quotidien ; il sert au développement de l'agriculture et de l'artisanat, à la

constitution d'économies, qui, par l'intermédiaire des banques, reviennent dans le commerce. En résumé cet argent représente la sève qui sert à la prospérité économique du canton.

L'Aluminium participe non seulement d'une façon utile au développement du canton par ses salaires, mais ses efforts en vue de la formation professionnelle des jeunes ouvriers sont également de grande importance.

Pour être en mesure de tenir tête à la concurrence il fut nécessaire de moderniser constamment les installations et avant tout de mécaniser le plus possible. Cette mécanisation exigeait des capacités plus grandes de la part des ouvriers. Pour l'entretien des machines toujours plus nombreuses il fallait des ouvriers professionnels qualifiés, mais ceux-ci ne se trouvaient pas en Valais.

L'Usine dut prendre en main la charge de la formation des ouvriers professionnels. On créa un service d'apprentissages qui forme annuellement 10 à 15 mécaniciens, électro-mécaniciens, serruriers, etc. Plus de 100 jeunes gens ont déjà acquis dans nos ateliers une formation professionnelle précieuse.

De pair avec le service des apprentis, une école enseigne à ceux-ci la partie théorique de leur métier. Les locaux de cette école sont aussi utilisés par l'école des arts et métiers de l'endroit. Pour arriver à une formation standard de tous les apprentis du canton, pour les métiers sus-mentionnés, les examens de fin d'apprentissage ont toujours lieu dans nos ateliers.

Il est prévu d'organiser en commun avec le Département de l'Instruction publique, un atelier complémentaire pour les ouvriers de l'industrie des métaux. Il a pour but de donner une formation complémentaire aux apprentis dont les patrons ne disposent pas, dans leurs ateliers des machines et installations nécessaires afin que les mécaniciens puissent acquérir les connaissances générales.

Ainsi notre Maison peut prendre une part active au développement professionnel de la nouvelle génération, en contact étroit avec le Département de l'Instruction publique. Nous remercions le Conseil d'Etat et le Département de l'Instruction publique pour la grande compréhension et l'appui constant dont il a toujours fait preuve pour l'éducation de notre jeunesse.

